

**Gas sensor, used for monitoring hydrogen, oxygen, hydrocarbons and carbon monoxide concentrations in exhaust gas, has HEMT structure, in which semiconductor layer heterogeneous layer sequence**

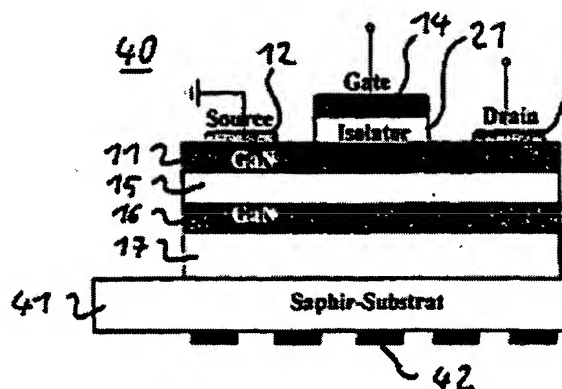
**Patent number:** DE10032062  
**Publication date:** 2002-01-24  
**Inventor:** MUELLER GERHARD (DE); SCHALWIG JAN (DE); STUTZMANN MARTIN (DE)  
**Applicant:** EADS DEUTSCHLAND GMBH (DE)  
**Classification:**  
- **International:** G01N27/414  
- **European:** G01N27/414  
**Application number:** DE20001032062 20000701  
**Priority number(s):** DE20001032062 20000701

**Abstract of DE10032062**

Gas sensor comprises a sequence of semiconductor layers (11, 15, 16, 17); a source (12) and a drain (13) for measuring the current; and a gate layer (14) for producing a potential depending on a gas concentration to be measured. The sensor has an HEMT structure, in which the semiconductor layers form a heterogeneous layer sequence of different materials which form a two dimensional electron gas.

**Preferred Features:** The gate layer is made of precious metals, metal oxides and/or zeolites, preferably platinum.

The semiconductor layers are formed from a group III nitride heterostructure, preferably AlGaN alternating with GaN. The sensor is formed as a MESFET or MOSFET. An additional insulating layer made of SiO<sub>2</sub>, AlN, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> and/or silicon oxynitride. A p-conducting layer made of GaN, AlGaN or AlN is arranged below the gate layer.





⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 32 062 A 1**

⑥ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 N 27/414**

⑳ Aktenzeichen: 100 32 062.7  
㉑ Anmeldetag: 1. 7. 2000  
㉒ Offenlegungstag: 24. 1. 2002

**DE 100 32 062 A 1**

⑦ Anmelder:  
EADS Deutschland GmbH, 80995 München, DE

⑧ Erfinder:  
Müller, Gerhard, Dr.-rer.-nat., 85567 Grafing, DE;  
Schalwig, Jan, 80797 München, DE; Stutzmann,  
Martin, 85748 Garching, DE

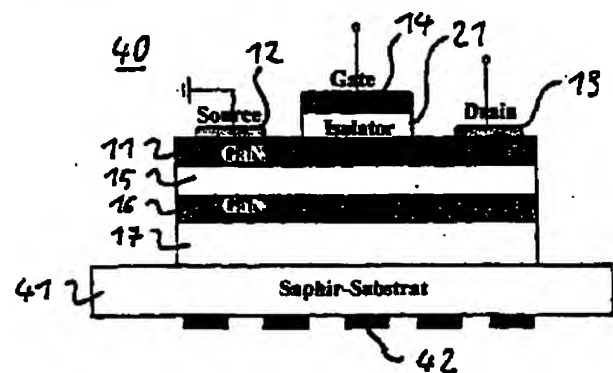
⑨ Entgegenhaltungen:  
US 51 44 378

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

④ Gassensor und Verwendung eines Feldeffekttransistors als Gassensor

⑤ Ein Gassensor (40), der beispielsweise zur Messung von Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenwasserstoffen, Stickoxiden und Kohlenmonoxid geeignet ist, ist analog einem Feldeffekttransistor aufgebaut. Er umfasst eine Folge von Halbleiterschichten (11, 15, 16, 17), sowie eine Quelle (12) und eine Senke (13) zur Strommessung. Eine Gate-Schicht (14) dient zur Erzeugung eines Potentials in Abhängigkeit von einer zu messenden Gaskonzentration. Der Gassensor weist eine HEMT-Struktur auf, wobei die Halbleiterschichten (11, 15, 16, 17) eine heterogene Schichtabfolge verschiedenartiger Materialien bilden. Der Gassensor ist als High Electron Mobility-Transistor realisiert.



**DE 100 32 062 A 1**

[0001] Die quantitative Bestimmung von Komponenten eines Gasgemisches ist in vielen Bereichen der Industrie notwendig, beispielsweise bei der Produktion, zur Prozesskontrolle oder -überwachung. In der Fahrzeugtechnik können z. B. mit Hilfe von Gassensoren Abgasgemische überwacht werden, um mit Hilfe der gewonnenen Messergebnisse durch eine geeignete Steuerung den Schadstoffausstoß zu reduzieren oder auch eine effektivere Verbrennung bei Brennkraftmaschinen zu bewirken.

[0002] Halbleitersensoren stellen dabei eine preisgünstige Alternative zu herkömmlichen Gassensoren dar. Gassensoren auf der Basis von Halbleiterbauelementen erlauben die Detektion von Gasen wie Kohlenmonoxid, Stickoxide, Ozon, Wasserstoff oder Kohlenwasserstoffe in Luft. Als Halbleiterbauelemente sind z. B. Feldeffekttransistoren (MOSFET, MESFET), Schottky-Dioden, pn-Dioden oder auch MOS-Strukturen geeignet.

[0003] In der DE 44 03 152 A1 ist ein Gassensor gezeigt, der analog einem Feldeffekttransistor aufgebaut ist. Dabei befindet sich auf einem semiisolierenden GaAs-Substrat eine n- oder p-dotierte GaAs-Schicht, die mit einer Quelle und einer Senke verbunden ist. Die GaAs-Schicht trägt ein Gate aus Platin, die als Katalysator zur Aktivierung der Gasreaktion dient. Für bestimmte Anforderungen sind derartige Gassensoren jedoch nur bedingt geeignet.

[0004] Beispielsweise ist es bei der Messung im Abgasstrom eines Verbrennungsmotors bzw. einer Brennkraftmaschine besonders wichtig, daß die Gaskomponenten in möglichst kurzer Zeit bestimmt werden. Dazu ist eine schnelle Reaktion der Gaskomponenten mit der sensitiven Schicht notwendig, die erst bei erhöhten Betriebstemperaturen des Sensors realisiert werden kann. Bezüglich der Messung im Abgasstrom von Verbrennungsmotoren sind zusätzlich Anforderungen an die maximale Betriebstemperatur der Sensoren zu stellen. Halbleiterbauelemente aus Silizium, GaAs mit maximalen Betriebstemperaturen bis ca. 200°C sind bei durchschnittlichen Abgastemperaturen von 300–800°C nicht für eine motorische Anwendung geeignet.

[0005] Einen Lösungsansatz stellen MOS-Kapazitäten oder Schottky-Dioden mit Platin als sensitive Gate aus hochtemperaturgeeigneten Halbleitern wie z. B. SiC dar. Aber auch diese Sensoren besitzen Nachteile. So führt beispielsweise SiC als Substrat zu einem hohen Aufwand bei der Aufbau- und Verbindungstechnologie. Analog ausgelegene Schottky-Dioden zeigen insbesondere bei erhöhten Temperaturen eine geringe Stabilität. Bei der kapazitiven Auslesung von MOS-Sensoren ist ein hoher meßtechnischer Aufwand erforderlich.

[0006] Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, einen Gassensor zu schaffen, der eine möglichst genaue und schnelle Bestimmung von Gaskonzentrationen ermöglicht, wobei eine einfache, stabile Signalauswertung erfolgen kann.

[0007] Die Aufgabe wird gelöst durch den Gassensor gemäß Patentanspruch 1 und durch die Verwendung eines Feldeffekttransistors als Gassensor gemäß Patentanspruch 11. Weitere vorteilhafte Merkmale, Details und Aspekte der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

[0008] Der erfindungsgemäße Gassensor umfasst eine Folge von Halbleiterschichten, eine Quelle und eine Senke zur Strommessung, und eine Gate-Schicht zur Erzeugung eines Potentials in Abhängigkeit von einer zu messenden Gaskonzentration, wobei der Gassensor eine HEMT (High Electron Mobility Transistor)-Struktur aufweist, bei der die Halbleiterschichten eine heterogene Schichtabfolge unterschiedlicher bzw. verschiedenartiger Materialien derart bil-

den, daß sich ein zweidimensionales Elektronengas ausbildet. Insbesondere ist der Gassensor z. B. analog einem Feldeffekttransistor aufgebaut. Der Gassensor erlaubt die Detektion von Gasen wie beispielsweise Kohlenmonoxid, Stickoxide, Ozon, Wasserstoff oder verschiedene Kohlenwasserstoffe in Luft und bietet eine einfache, stabile Signalauswertung. Der Gassensor ermöglicht eine schnelle Reaktion und weist eine hohe Stabilität auf. Er ist insbesondere für den Einsatz in Abgassystemen von Kraftfahrzeugen auslegbar bzw. geeignet.

[0009] Bevorzugt ist die Gate-Schicht aus einem Material aus der Gruppe der Edelmetalle, Metalloxide und/oder der Zeolithe gebildet, insbesondere aus Platin. Dadurch wird eine besonders gute Gasreaktion ermöglicht und es ergeben sich insbesondere sehr gute sensitive Eigenschaften für Wasserstoff in verschiedenen Konzentrationen.

[0010] Vorteilhafterweise sind die Halbleiterschichten durch eine Gruppe III-Nitrid-Heterostruktur gebildet. Bevorzugt sind die Halbleiterschichten aus AlGaIn und GaIn in wechselnder Schichtabfolge gebildet. Zusätzlich kann eine AlN-Schicht vorgesehen sein. Die Heterostrukturen und insbesondere die GaN/AlGaIn/AlN-Heterostrukturen ermöglichen besonders schnelle Reaktionen aufgrund einer hohen Elektronenbeweglichkeit. Die HEMT-Strukturen, die sogenannte High Electron Mobility-Transistoren bilden, ermöglichen durch ihre hohe Elektronenbeweglichkeit im Gassensor eine besonders schnelle Reaktion.

[0011] Bevorzugt ist der Gassensor als MESFET-Struktur oder als MOSFET-Struktur ausgebildet.

[0012] Insbesondere kann eine zusätzliche dielektrische Isolatorschicht unterhalb der Gate-Schicht angeordnet sein. Die dielektrische Isolatorschicht kann z. B. aus SiO<sub>2</sub>, AlN, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, oder auch Siliziumoxonitrid bestehen. Durch eine Isolatorschicht unterhalb der Gate-Schicht wird eine MOS-Struktur gebildet und es wird eine besonders hohe Stabilität selbst bei sehr hohen Temperaturen ermöglicht, da auch in diesem Fall ein nicht-ohmscher Kontakt vorliegt.

[0013] Alternativ hat der Gassensor eine zusätzliche p-leitende Schicht, die unterhalb der Gate-Schicht angeordnet ist. Bevorzugt ist die zusätzliche p-leitende Schicht aus mindestens einem Material aus der Gruppe GaN, AlGaIn, AlN gebildet. Durch die zusätzliche p-leitende Schicht wird eine pn-Sperrschicht aufgebaut, die mit der unterliegenden n-leitenden Schicht eine pn-Diodenschicht formt. Dieser Aufbau kann insbesondere zu veränderten Selektivitäten führen, beispielsweise zu einer erhöhten Selektivität für Wasserstoff. Dadurch wird es möglich, in einem Gasgemisch Wasserstoff auf einfache Weise auch bei erhöhten Betriebs- und Gastemperaturen zu detektieren.

[0014] Bevorzugt umfasst der Gassensor ein heizbares Substrat, auf dem die Halbleiterschichten angeordnet bzw. abgeschieden sind. Das Substrat kann beispielsweise aus SiC oder Saphir gebildet sein. Insbesondere bei nicht leitenden Substraten, wie z. B. Saphir, kann die Heizung beispielsweise über einen Heizmäander bzw. Metall-Heizmäander erfolgen, der z. B. als Dickschicht oder Dünnschicht auf der Rückseite des Substrats aufgebracht ist.

[0015] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Feldeffekttransistor als Gassensor verwendet, wobei der Feldeffekttransistor eine HEMT-Struktur bzw. eine Struktur mit hoher Elektronenbeweglichkeit in der Art eines High Electron Mobility-Transistors (HEMT) aufweist, bei der Halbleiterschichten eine heterogene Schichtabfolge verschiedener Materialien bilden. Dadurch lässt sich auf kostengünstige Weise ein Gassensor zur Detektion von Gasen wie z. B. Kohlenmonoxid, Stickoxide, Ozon, Wasserstoff oder verschiedene Kohlenwasserstoffe insbesondere in Luft realisieren, der eine einfache und stabile Signalauswertung

ermöglicht.

[0016] Vorteilhafterweise ist der Feldeffekttransistor ein erfindungsgemäßer Gassensor, wie er oben beschrieben wurde und nachfolgend noch näher erläutert wird.

[0017] Die Verwendung des Feldeffekttransistors erfolgt bevorzugt bei einer Betriebstemperatur von über 300°C, vorzugsweise bei über 550°C, insbesondere bevorzugt in einem Temperaturbereich bis ca. 800°C.

[0018] Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Figuren beschrieben, in denen bevorzugte Ausführungsbeispiele dargestellt sind. Es zeigen:

[0019] Fig. 1a und 1b einen Gassensor gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung in schematischer Darstellung, einmal als Ga-HEMT (Fig. 1a) und einmal als N-HEMT (Fig. 1b);

[0020] Fig. 2a und 2b einen Gassensor mit einem Isolator unterhalb der Gate-Schicht gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, einmal als Ga-HEMT (Fig. 2a) und einmal als N-HEMT (Fig. 2b);

[0021] Fig. 3a und 3b einen Gassensor mit einer p-leitenden Schicht unterhalb der Gate-Schicht gemäß einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, einmal als Ga-HEMT (Fig. 3a) und einmal als N-HEMT (Fig. 3b);

[0022] Fig. 4 einen erfindungsgemäßen Gassensor mit einem heizbaren Substrat;

[0023] Fig. 5 ein Diagramm mit Messergebnissen beim Nachweis von Wasserstoff in verschiedenen Konzentrationen, und

[0024] Fig. 6 die Kennlinien des Ga-HEMT gemäß Fig. 1a bei verschiedenen Gate-Spannungen.

[0025] Gleiche bzw. wesensgleiche Elemente oder Elemente mit gleicher Funktion sind in den verschiedenen Figuren mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0026] Fig. 1a zeigt in schematischer Darstellung einen Gassensor 10, der analog einem Feldeffekttransistor aufgebaut ist. Auf einer ersten Halbleiterschicht 11 aus GaN befindet sich eine Quelle 12 und eine Senke 13 bzw. ein Source-Kontakt und ein Drain-Kontakt mit einer dazwischenliegenden Gate-Schicht 14. Unterhalb der obersten Schicht 11 aus GaN schließt sich eine weitere Halbleiterschicht 15 an, die aus AlGaIn gebildet wird. Unter dieser weiteren Schicht 15 folgt erneut eine Halbleiterschicht 1b, die wie die oberste Schicht 11 ebenfalls aus GaN gebildet ist. Unter der Halbleiterschicht 16 schließt sich eine Halbleiterschicht 17 an, die aus AlN gebildet ist. Die Halbleiterschichten 11, 15, 16 und 17 sind n-dotierte Schichten und bilden eine Gruppe III-Nitrid-Heterostruktur aus wechselweise unterschiedlichen Materialien.

[0027] Bei der Schichtfolge gemäß der hier gezeigten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung (von oben nach unten mit den Materialien: GaN, AlGaIn und AlN) lässt sich ein zweidimensionales Elektronengas 18 erzeugen, das in den Figuren schematisch durch eine helle gestrichelte Linie in der Nähe des oberen Randes der Halbleiterschicht 16 dargestellt ist. D. h., es entstehen in der Halbleiterschicht 16 aus GaN in der Nähe zur darüberliegenden Halbleiterschicht 15 aus AlGaIn quantisierte Elektronenzustände, die sich aufgrund der energetisch bedingten Bandverbiegung in der GaN/AlGaIn-Heterostruktur an den Grenzflächen zwischen den unterschiedlichen Halbleitern ausbilden, in diesem Fall an der Grenzfläche zwischen der Halbleiterschicht 16 aus GaN und der darüberliegenden Halbleiterschicht 15 aus AlGaIn. Die Elektronen in diesem zweidimensionalen Elektronengas besitzen dabei eine hohe Beweglichkeit im Bereich  $v_n$  1000 bis 2000 cm<sup>2</sup>/Vs. Die GaN/AlGaIn-Heterostruktur, die aus den Schichten 11, 15, 16, 17 gebildet wird, ist im Prinzip ein schnellschaltender Transistor mit hoher Elektronenbeweglichkeit, d. h. durch die Schichtfolge

ist in dem erfindungsgemäßen Gassensor ein High Electron Mobility-Transistor (HEMT) realisiert. In der hier gezeigten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gassensors ist die Heterostruktur eine Ga-HEMT-Heterostruktur.

[0028] Der erfindungsgemäße Gassensor lässt sich auch als N-HEMT realisieren. Dieser Fall ist schematisch in Fig. 1b gezeigt. Dabei ist die oberliegende Halbleiterschicht 11, welche die Source-, Gate- und Drain-Kontakte 12, 13, 14 trägt, aus AlGaIn gebildet. Die darunterliegende Schicht 15 ist dagegen aus GaN gebildet. Unterhalb der Halbleiterschicht 15 schließt sich die Halbleiterschicht 16 an, die in diesem Fall aus AlGaIn gebildet ist und darunter befindet sich die Halbleiterschicht 17, die, ebenso wie die Halbleiterschicht 15, aus GaN gebildet ist. Auch in diesem Fall eines N-HEMT-Gassensors ist das zweidimensionale Elektronengas 18 in einer Halbleiterschicht aus GaN ausgebildet und zwar auf der Seite bzw. im Grenzbereich zur benachbarten Halbleiterschicht aus AlGaIn. Bei diesem Gassensortyp ist demnach das zweidimensionale Elektronengas 18 im unteren Bereich der Halbleiterschicht 15 aus GaN ausgebildet.

[0029] Die Ladungsträgerkonzentration im zweidimensionalen Elektronengas 18 wird durch Anlegen einer Spannung an dem Gate bzw. der Gate-Schicht 14 beeinflusst. Damit wird der über Source bzw. Quelle 12 und Drain bzw. Senke 13 fließende Strom beeinflusst. Voraussetzung hierfür ist, dass zwischen dem Gate-Material bzw. der Gate-Schicht 14 und der darunterliegenden Halbleiterschicht 11 ein Schottky-Kontakt vorliegt, damit sich im Halbleiter eine Raumladungszone ausbilden kann. In diesem Fall liegt also eine MBSFET-Struktur vor. Der Gate-Kontakt bzw. die Gate-Schicht 14 besteht aus Platin. Allgemein kann sie insbesondere aus Edelmetallen, Metalloxiden oder Zeolithen gebildet sein. Gase, die mit dem Sensor 10 in Kontakt geraten, insbesondere Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenwasserstoffe, Stickoxide und Kohlenmonoxid, bewirken bei der Messung durch Adsorption in der Gate-Schicht 14 und Segregation eine Veränderung der Austrittsarbeit. Die Veränderung der Austrittsarbeit führt zu einer Potentialveränderung an dem Gate 14 und damit zur Beeinflussung des zweidimensionalen Elektronengases 18. Dadurch ändert sich der Strom zwischen der Quelle 12 und der Senke 13. Diese Stromänderung wird zum Nachweis der genannten Gase benutzt.

[0030] Die Fig. 2a und 2b zeigen schematisch einen Gassensor 20 als weitere bevorzugte Ausführungsform der Erfindung. Dieser ist im wesentlichen ähnlich zu dem in den Fig. 1a und 1b gezeigten Gassensor ausgebildet, d. h., einmal als Ga-HEMT (Fig. 2a) und einmal als N-HEMT (Fig. 2b), jedoch befindet sich zwischen der Gate-Schicht 14 und der darunterliegenden Halbleiterschicht 11 aus GaN (Fig. 2a) bzw. AlGaIn (Fig. 2b) eine zusätzliche dielektrische Isolatorschicht 21. Die zusätzliche dielektrische Isolatorschicht 21 bzw. der Isolator ist z. B. aus SiO<sub>2</sub>, AlN, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> oder Siliziumoxonitrid gebildet. Der Aufbau bzw. die Schichtfolge der Halbleiterschichten 11, 15, 16, 17 des Ga-HEMT-Gassensors 20 gemäß Fig. 2a entspricht dem in Fig. 1a gezeigten Gassensor, während die Schichtfolge der Halbleiterschichten 11, 15, 16 und 17 des Gassensors von Fig. 2b derjenigen des in Fig. 1b gezeigten Sensors entspricht. Somit ist in den Fig. 1a und 2a ein Ga-HEMT-Gassensor dargestellt, während in den Fig. 1b und 2b ein N-HEMT-Gassensor dargestellt ist.

[0031] Der Gassensor 20 gemäß den Fig. 2a und 2b bildet eine MOS-Struktur. Er bietet eine hohe Stabilität, selbst bei sehr hohen Temperaturen im Bereich von bis zu ca. 800°C, da auch in diesem Temperaturbereich ein nicht-ohmscher Kontakt zwischen der Gate-Schicht 14 und den sich darunter anschließenden Halbleiterschichten vorliegt. Somit kann

der Gassensor in sehr heißen Bereichen im Abgasstrom einer Brennkraftmaschine eingesetzt werden.

[0032] In den Fig. 3a und 3b ist jeweils ein Gassensor 30 schematisch gezeigt, wobei der Aufbau der Halbleiterschichten 11, 15, 16 und 17 des Gassensors gemäß Fig. 3a demjenigen von Fig. 1a entspricht, während der Schichtaufbau der Halbleiterschichten 11, 15, 16, 17 bzw. die Schichtfolge des Gassensors gemäß Fig. 3b der Schichtfolge des Gassensors gemäß Fig. 1b entspricht. Somit ist in Fig. 3a ein Ga-HEMT gezeigt, während in Fig. 3b ein N-HEMT dargestellt ist.

[0033] Im Gassensor 30 gemäß Fig. 3a und 3b befindet sich unterhalb der Gate-Schicht 14 eine zusätzliche p-leitende Schicht 31, die mit der darunterliegenden n-leitenden Halbleiterschicht 11 eine pn-Diode formt. Diese Ausführungsform ermöglicht die Realisierung veränderter Sensitivitäten, z. B. einer hohen Selektivität auf  $H_2$ .

[0034] Die Funktionsweise der Gassensoren 10, 20 und 30 durch Beeinflussung des zweidimensionalen Elektronengases 18 in Abhängigkeit von einer Gaseinwirkung auf die Gate-Schicht 14 wurde bereits oben beschrieben.

[0035] Bei der Herstellung des erfindungsgemäßen Gassensors werden Gruppe III-Nitrid-Halbleiter durch MOCVD-Verfahren (Metall Organic Chemical Vapour Deposition) oder MBE-Epitaxieabscheidungsverfahren (Molekularstrahl-Epitaxie) auf Substrate wie SiC oder Saphir abgeschieden.

[0036] Fig. 4 zeigt einen HEMT-Gassensor 40 mit einem Substrat 41, das die Halbleiterschichten 11, 15, 16, 17 trägt. Unterhalb des Substrats 41 aus Saphir befindet sich eine Heizvorrichtung 42 in Form eines Heizmäandriers, der als Dickschicht oder Dünnschicht auf der Rückseite des Substrats 41 angebracht ist. Die Schichtfolge der Halbleiterschichten 11, 15, 16 und 17, d. h. von oben nach unten, ist GaN-AlGaIn-GaN-AlGaIn.

[0037] Fig. 5 zeigt ein Diagramm, das die Messergebnisse beim Nachweis von Wasserstoff in verschiedenen Konzentrationen zeigt. Die Messung wurde mit einem Ga-HEMT-Gassensor durchgeführt, wie er oben unter Bezugnahme auf Fig. 1a beschrieben ist. Dabei wurde als Gate-Schicht 14 ein Platin-Gate verwendet. Die Messung wurde bei 400°C mit 2% Sauerstoff als Hintergrundgas durchgeführt. Dabei wurde Wasserstoff in den Konzentrationen 200 ppm, 500 ppm, 0,1%, 0,25%, 0,5% und 1,0% dem zu messenden Gas zugeführt. Es zeigen sich deutliche Stromimpulse, deren Höhe bzw. Stärke entsprechend der Zunahme der Wasserstoffkonzentration ebenfalls zunimmt.

[0038] Zur Ergänzung sind in Fig. 6 die Kennlinien des Ga-HEMT gemäß Fig. 1a bei Gate-Spannungen von -1 V, -0,5 V, 0 V und +0,2 V gezeigt.

[0039] Insgesamt ermöglicht die vorliegende Erfindung eine kostengünstige Realisierung eines Gassensors, wobei der Gassensor als HEMT-Struktur ausgebildet ist bzw. ein Feldeffekttransistor in einer HEMT-Struktur als Gassensor verwendet wird.

#### Patentansprüche

1. Gassensor, der analog einem Feldeffekttransistor aufgebaut ist, umfassend:
  - eine Folge von Halbleiterschichten (11, 15, 16, 17),
  - eine Quelle (12) und eine Senke (13) zur Strommessung, und
  - eine Gate-Schicht (14) zur Erzeugung eines Potentials in Abhängigkeit von einer zu messenden Gaskonzentration,
 dadurch gekennzeichnet,
  - dass der Gassensor eine HEMT-Struktur aufweist, wo-

bei die Halbleiterschichten (11, 15, 16, 17) eine heterogene Schichtabfolge unterschiedlicher Materialien derart bilden, daß sich ein zweidimensionales Elektronengas ausbildet.

2. Gassensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Gate-Schicht (14) aus einem Material aus der Gruppe der Edelmetalle, Metalloxide und/oder der Zeolithe gebildet ist, bevorzugt aus Platin.

3. Gassensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleiterschichten (11, 15, 16, 17) durch eine Gruppe III-Nitrid-Heterostruktur gebildet sind.

4. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleiterschichten (11, 15, 16, 17) aus AlGaIn und GaIn in wechselnder Schichtabfolge gebildet sind.

5. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass er als MESFET-Struktur oder als MOSFET-Struktur ausgebildet ist.

6. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine zusätzliche dielektrische Isolatorschicht (21), die unterhalb der Gate-Schicht (14) angeordnet ist.

7. Gassensor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die zusätzliche Isolatorschicht (21) aus mindestens einem Material aus der Gruppe  $SiO_2$ , AlN,  $Si_3N_4$ , und/oder Siliziumoxonitrid gebildet sein.

8. Gassensor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch eine zusätzliche p-leitende Schicht (31), die unterhalb der Gate-Schicht (14) angeordnet ist.

9. Gassensor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die zusätzliche p-leitende Schicht (31) aus mindestens einem Material aus der Gruppe GaIn, AlGaIn, AlN gebildet ist.

10. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch ein heizbares Substrat (41), auf dem die Halbleiterschichten (11, 15, 16, 17) abgeschieden sind.

11. Verwendung eines Feldeffekttransistors als Gassensor, dadurch gekennzeichnet, dass der Feldeffekttransistor eine HEMT-Struktur aufweist, wobei Halbleiterschichten (11, 15, 16, 17) eine heterogene Schichtabfolge verschiedenartiger Materialien bilden.

12. Verwendung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Feldeffekttransistor ein Gassensor nach einem der Ansprüche 1 bis 10 ist.

13. Verwendung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass sie bei einer Betriebstemperatur von über 300°C erfolgt, vorzugsweise bei über 550°C, insbesondere bevorzugt in einem Temperaturbereich bis ca. 800°C.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

Fig. 4

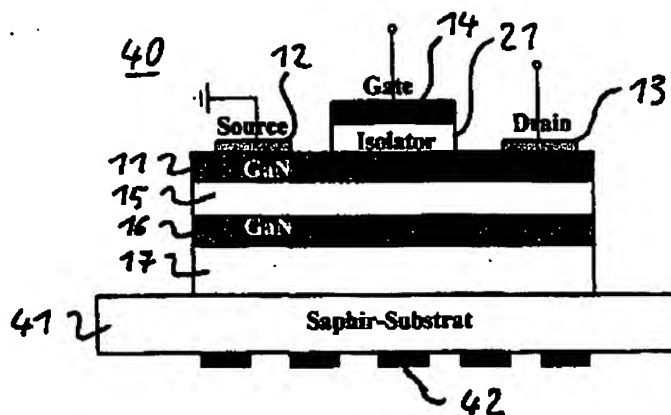


Fig. 5

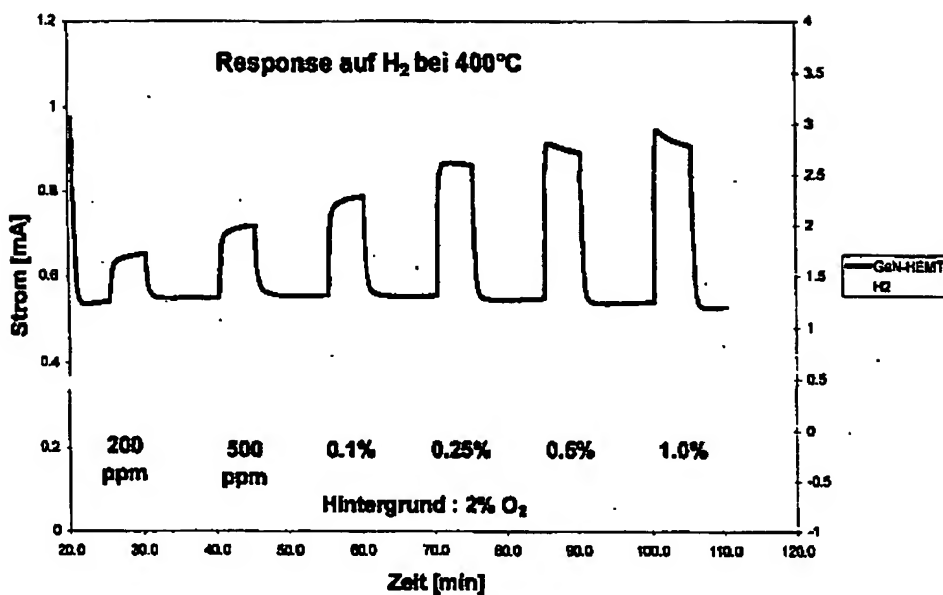
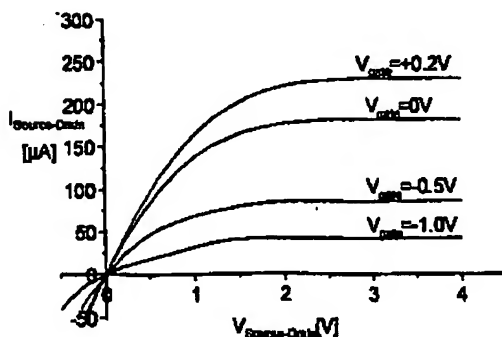


Fig. 6



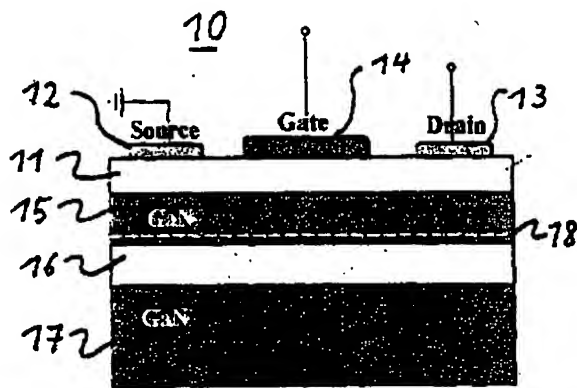


Fig. 1b

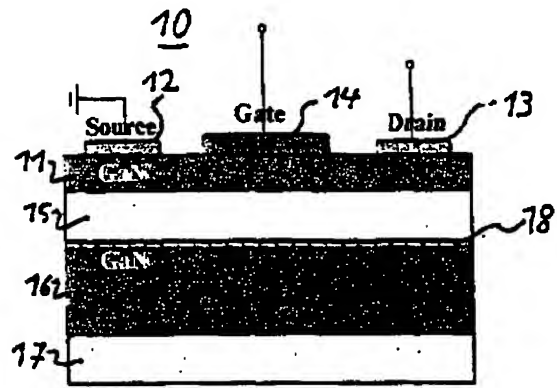


Fig. 1a

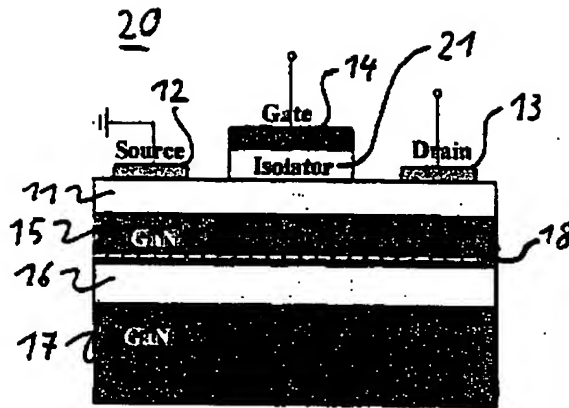


Fig. 2b

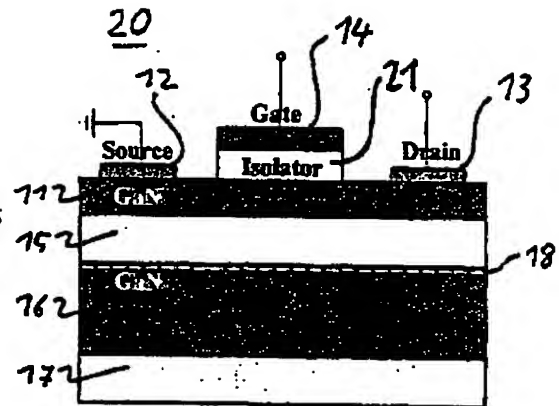


Fig. 2a

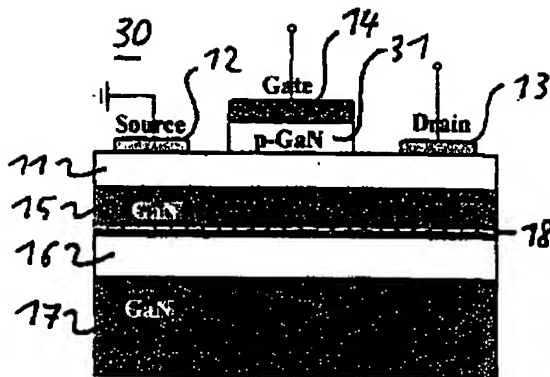


Fig. 3b

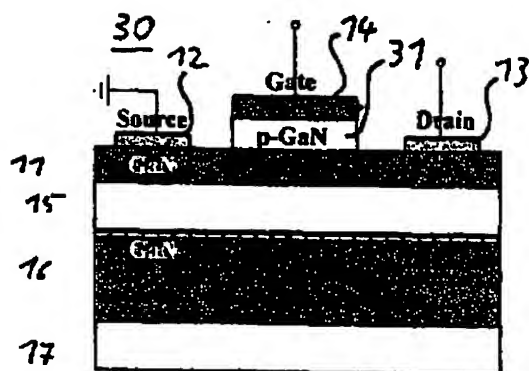


Fig. 3a